

20 高圧ケーブル漏れ電流の考え方

20-1 高圧ケーブルの構造と理論的電気特性

高圧ケーブルの断面は、下図 F-1 で示すように、金属体（導体と遮へい銅テープ）が絶縁体を挟んでいる構造である。

つまり下図 F-2 で示す平行板コンデンサとして取り扱える。

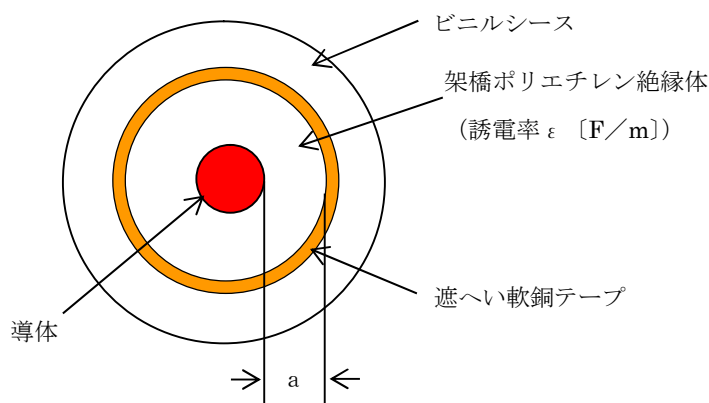


図 F-1
高圧ケーブル断面図

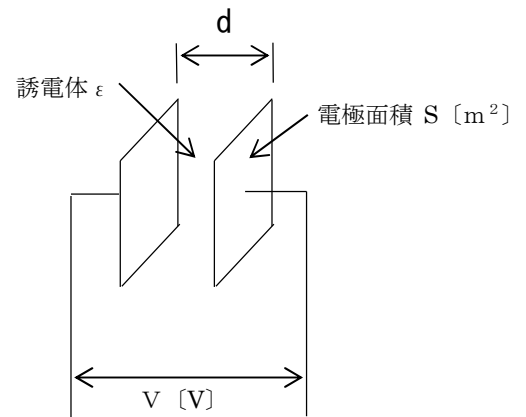


図 F-2
平行板コンデン

ここに、平行板コンデンサの電極面積 S は高圧ケーブル断面の円周 \times ケーブル長さとなる。

図 F-2 の平行板コンデンサにおいて、次の関係が成り立つ

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad [F]$$

コンデンサー容量 C [F]、電極面積 S [m²]、電極間の距離 d [m]、
誘電体（絶縁体） ϵ

（記号・単位の読み方 F : ファラッド , ϵ : イプシロン）

この式から、コンデンサー容量 C の大きさは 電極面積 S に比例し、電極間の距離 d に反比例する。

これを高圧ケーブルに置き換えると

対地間静電容量 C はケーブルの長さ \times サイズ（太さ）に比例し、絶縁体の厚さ a に反比例する。

20-2 高圧ケーブルの漏れ電流の考え方

一般に、絶縁電線の導体（＝銅）と対地間に交流電圧を加えると、その絶縁体の抵抗値（絶縁抵抗値）に応じた電流が対地間に流れる。

このときの対地へ漏れる電流がいわゆる漏れ電流であるが、これを分析すると、

- ① 絶縁体の抵抗分による電流 I_r
- ② 絶縁体の対地間静電容量による電流 I_c

が合成されて流れている。この合成された電流を漏れ電流 I_o とすると

$$I_o = I_r + I_c \quad \text{であるが、}$$

I_r は I_c と比較して十分に小さく無視しても支障がない。つまり

$$I_o \doteq I_c \quad \text{として取り扱える。}$$

ここに I_c はオームの法則により

$$I_c = V / X_c \quad [\text{A}]$$

X_c : ケーブルの絶縁体の対地間静電容量 C による対地間インピーダンスである。

$$X_c = 1 / 2\pi f C \quad [\Omega] \quad f : \text{回路周波数 (60 Hz)}$$

20-3 漏れ電流の計算

計算の基礎条件 上記理論によりそれぞれのケーブル及び使用条件により変化するので次の条件にて計算をする。

高圧ケーブル	6KV CVT	100	[mm ²]
対地静電容量	0.45	[μF/km]	(メーカー参考値)
使用電圧	6,600	[V]	60 [Hz]
ケーブル長さ	100	[m]	

$$C = 0.45 \times 10^{-6} \times 100 / 1000 = 0.045 \times 10^{-6}$$

$$X_c = 1 / 2\pi f C = 1 / 2\pi \cdot 60 \cdot 0.045 \times 10^{-6} \doteq 0.06 \times 10^6$$

$$I_c = V / X_c = 6600 / 0.06 \times 10^6 = 110,000 \times 10^{-6} \\ = 0.11 \text{ [A]} = 110 \text{ [mA]}$$

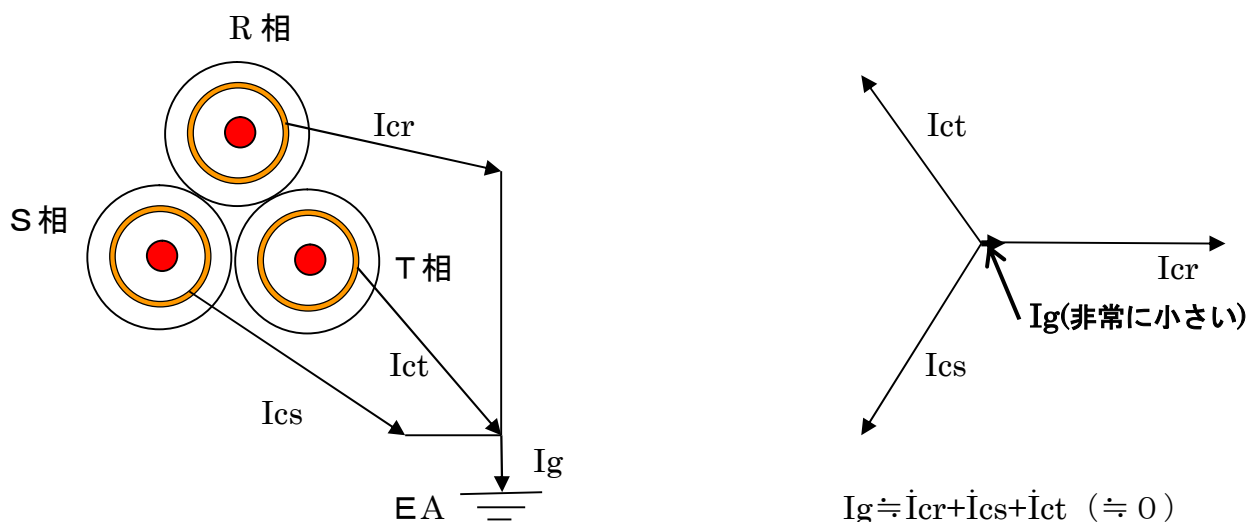
20-4 実測値と計算上の漏れ電流値の説明

実際の6KVケーブルの構造は、

6KV CV×1芯-3本より(6KV CV-T)であり

上記3の漏れ電流計算値は、6KV CV×1芯の漏れ電流である。

6KV CV-Tに通常状態の電圧6kVを印加すると、実測値の漏れ電流の大きさは、下図に示すベクトル合成値 I_g となる。



6KV CV-T 各相の漏れ電流

6KV CV-T 各相の漏れ電流ベクトル図

上図を説明すると、各相の漏れ電流の大きさと時間的ずれ（ 120° の位相差）により、各相の漏れ電流 I_{cr} 、 I_{cs} 、 I_{ct} の合成電流 I_g は、ほとんど流れない。

- 高圧ケーブルに電圧を印加中に漏れ電流を測定しているのは、上図の I_g を測定しているのである
- 高圧地絡継電器が、ZCTにて検出しているのは、この I_g である。
従って、高圧ケーブルが大サイズ、長サイズになって各相の漏れ電流が大きくなっても漏れ電流を地絡電流(事故電流)として認識せず（誤動作せず）に監視しているわけである。
- 仮に、ケーブルの絶縁劣化により1相の漏れ電流が大きくなると、上記ベクトル図により I_g が大きく発生し、ZCTが地絡電流を検出することになる。

20-5 総括

上記の計算値は、ケーブルサイズ、ケーブルの種類、メーカー等により相当ばらつきがあります。他のケーブルサイズ及び長さを考慮して、ケーブル漏れ電流の目安としてください。

参考

別参考資料によると、漏れ電流は

6KV CV-T	100mm ²	100m	100mA
	60mm ²	200m	117mA